

Comportamiento de cultivos iniciadores en leche fermentada tipo yogurt conteniendo quinoa lavada, cocida y tostada

Behavior of starter crops in yogurt-type fermented milk in the presence of washed, cooked and toasted quinoa

Roberto Daniel Calderón Valle¹ 

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi – Ecuador

Correo de correspondencia: roberto.calderon2066@utc.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
26/06/2024

Aceptado:
18/01/2024

Publicado:
18/02/2024

Revista:
DATEH

Resumen

Lactobacillus bulgaricus y *Streptococcus thermophilus* forman parte de los cultivos iniciadores utilizados en la producción de leches fermentadas como el yogurt. El comportamiento de estos cultivos puede modificarse de acuerdo a la variación del sustrato del cual se alimentan, condiciones de temperatura o tiempo de maduración. En esta ocasión se modificó el sustrato inicial con la adición de elementos que no provienen de la leche. La presencia de componentes no lácteos en la leche puede modificar el desempeño de estos microorganismos y manifestarse durante la fermentación y el almacenamiento del producto terminado. Se mezclaron tres tipos de harina de quinoa; a partir de semilla lavada (L), cocida (C) y tostada (T) con leche semidescremada comercial UHT y se fermentaron hasta pH 4,6 (al igual que el producto de control) que siempre fue la leche regular entera. Posteriormente, se analizó la población de los cultivos iniciadores hasta el día 21 del almacenamiento refrigerado. Las muestras se efectuaron en diferentes lotes, tiempos y réplicas para asegurar la veracidad de los resultados, luego se tabularon y ajustaron en EXCEL a la predicción del crecimiento de ambas bacterias. Los resultados sugieren que, en términos globales, el yogurt control posee una mayor población microbiana con respecto a las leches fermentadas con quinoa en cualquiera de sus presentaciones.

Palabras clave: Fermentación, UHT, quinoa, función.

Abstract

Lactobacillus bulgaricus and *Streptococcus thermophilus* are part of the starter cultures used in the production of fermented milks such as yogurt. The behavior of these crops can be modified according to the variation of the substrate on which they feed, temperature conditions or maturation time. On this occasion the initial substrate was modified with the addition of elements that do not come from milk. The presence of non-dairy components in milk can modify the performance of these microorganisms and manifest themselves during fermentation and storage of the finished product. Three types of quinoa flour were mixed; from washed (L), cooked (C) and roasted (T) seed with commercial UHT semi-skimmed milk and fermented to pH 4.6 (same as the control product) which was always regular whole milk. Subsequently, the population of the starter cultures was analyzed until day 21 of refrigerated storage. The samples were carried out in different batches, times and replicates to ensure the veracity of the results, then they were tabulated and adjusted in EXCEL to predict the growth of both bacteria. The results suggest that, in global terms, the control yogurt has a greater microbial population compared to milk fermented with quinoa in any of its presentations.

Keywords: Fermentation, UHT, quinoa, function.

Forma sugerida de citar (APA): López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

INTRODUCCIÓN

La fermentación es un proceso industrial que consiste en modificar la estructura química, y propiedades intrínsecas de la leche. Varios son los derivados lácteos que se han obtenido históricamente como leche agria, yogurt, kéfir, queso, etc. Sin embargo, la modificación de la leche cruda

mediante la adición de insumos o aditivos externos siguen en estudio y control permanente.

Algunos componentes de origen no lácteo han sido añadidos, antes o después de la fermentación y los objetivos han sido distintos: incrementar el valor

nutricional, estudiar la viabilidad de los cultivos iniciadores, modificar la calidad sensorial, apariencia, textura, sabor, entre otros. Se han realizado estudios en mezclas con leche durante la elaboración de yogurt. La naturaleza de estos ingredientes es muy amplia: harinas de leguminosas como lenteja o arveja (Zare, 2012), garbanzo (Morales de León et al, 2000), maní (Lee et al, 2013), té verde (Huertas, 2013) soya germinada (Shori, 2013), extracto de Jamaica (Iwalokun, 2007), frutos secos (Freitas, 2012), aceites vegetales (Gad, 2010), mezclas de cereales previamente fermentados (Coda, 2012), almidón procedente de tubérculos (Vasconcelos, 2012), aceites marinos (Estrada et al., 2011), harina de sésamo (Oliveira, 2011), entre otros.

Entre los ingredientes no lácteos potencialmente utilizables también está la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), un cereal de consumo tradicional en los países andinos, especialmente Perú, Bolivia y Ecuador. Según Villacrés, Peralta et al (2011), su perfil de aminoácidos se aproxima a los recomendados por la FAO, y el contenido total de lípidos en el grano puede llegar a un 10%. Del total lipídico, aproximadamente 60% está representado por ácidos grasos poli y mono insaturados, lo que le hace similar al aceite de soya. La adición de quinoa en leches fermentadas es factible partiendo de algunas formas de pretratamiento del grano, es decir, puede incorporarse conjuntamente con la leche antes de su tratamiento térmico para que la mezcla sea sometida al proceso de fermentación correspondiente con los microorganismos específicos, por ejemplo, los definidos para el yogurt *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* subsp. *Thermophilus*.

Lactobacillus bulgaricus (LB) y *Streptococcus thermophilus* (ST) son bacterias lácticas que coexisten en una simbiosis casi perfecta durante el procesamiento de yogurt. La relación de cada especie fluctúa según el tiempo de fermentación y los subproductos producidos por cada uno. Por ejemplo *S. thermophilus* crece más rápidamente cuando utiliza los aminoácidos esenciales producidos por *L. bulgaricus*, caso contrario cuando, *S. Thermophilus* produce el ácido láctico necesario para reducir el pH; beneficia el crecimiento de *L. bulgaricus*. (Koutinas, 2017).

El ritmo de crecimiento de ambas colonias de bacterias lácticas ha sido estudiada e identificada mediante curvas de crecimiento que comprende cuatro fases: latencia (adaptación), exponencial (de crecimiento activo), estacionaria (o máxima) y decreciente (muerte). La adición de compuestos ajenos al yogurt se ha realizado bajo la premisa de mejorar el valor nutricional, sin embargo, se hace necesario el conocer cómo esos aditivos influyen en

el crecimiento microbiano. (Boynton and Novakovic, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración de las diferentes formulaciones de leche fermentada con quinoa requirió leche semidescremada UHT comercial y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). El grano de avena entero perteneció a la variedad INIAP Tunkahuan, procedente del Centro Experimental Santa Catalina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP). La quinoa fue transformada en harina a partir de 3 tipos de grano: lavado, cocido y tostado.

La muestra control fue la leche UHT semi descremada comercial sin adición de harina de quinoa. Se utilizó 0,05 g de cultivo, formado por *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* subsp. *Thermophilus* (YC-11 de la marca comercial Chr. Hansen) y se incubaron a 42°C hasta alcanzar un pH de 4,6 en un baño maría marca Memmert. Finalizado el proceso de fermentación, se realizó una mezcla mecánica por 30 segundos para posteriormente almacenar las leches con el cultivo en frascos de plástico previamente esterilizados y refrigerados entre 4 a 5° C para los análisis durante el tiempo de almacenamiento.

Posteriormente se tomaron muestras por duplicado durante los días 1, 7, 14 y 21 de almacenamiento según las especificaciones de la norma (INEN:009-2012). La siembra y recuento se realizaron de acuerdo a lo indicado por Gamazo, López et al (2009) y Ahmed & Carlstrom (2006). Se realizaron diluciones sucesivas en agua peptonada tamponada estéril y siembras por profundidad en placas con Agar Man Rogosa y Sharpe (MRS) para *Lactobacillus* previamente fundido y temperado a 40°C. Las placas fueron incubadas en condiciones de anaerobiosis a 30°C por 48 horas.

Los datos recopilados fueron extraídos mediante el procedimiento PRT-712.02-047 del Procedimiento “recuento de cultivos iniciadores del yogur del Instituto de Salud Pública de Chile”. De tal manera que se generaron datos al respecto de *Lactobacillus* y *Streptococcus*; con tres tipos de sustrato: leche cruda comercial (0), leche con harina de quinoa lavada (L), leche con harina de quinoa cocida (C) y finalmente leche con harina de quinoa tostada (T), estas tres últimas al 2,5% de concentración. Tal como indica el procedimiento utilizado, se tomaron muestras de los días 1, 7, 14, 21 de 2 lotes, con 2 réplicas cada uno.

De esta manera, la presente investigación posee:

P	t	R	código
---	---	---	--------

0	1	1	(0-1-1)
0	1	2	(0-1-2)
0	2	1	(0-2-1)
0	2	2	(0-2-2)
L	1	1	(L-1-1)
L	1	2	(L-1-2)
L	2	1	(L-2-1)
L	2	2	(L-2-2)
C	1	1	(C-1-1)
C	1	2	(C-1-2)
C	2	1	(C-2-1)
C	2	2	(C-2-2)
T	1	1	(T-1-1)
T	1	2	(T-1-2)
T	2	1	(T-2-1)
T	2	2	(T-2-2)

Tabla 1. Identificación de las muestras.

Así por ejemplo la combinación (C-2-2) hace referencia a la leche enriquecida con harina de quinoa cocida correspondiente al segundo lote y segunda réplica de medición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron dos microorganismos: *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. La calidad del yogur no sólo se la identifica en pH o sabor, sino también por la colonia bacteriana “benéfica” presente en el mismo. Después de los resultados obtenidos; a continuación, se detallan la presencia de los microorganismos a lo largo del período de almacenamiento del yogur.

Lactobacillus

Leche semidescremada comercial (0)

Para este análisis se consideraron las muestras sin ningún aditivo (0); los dos lotes (1), (2) y ambas réplicas (1) y (2). Se ha establecido la función real a lo largo del tiempo de almacenamiento del yogur y presentados en tablas y gráficos, como sigue (P: pretratamiento, t: tiempo, lote, R: réplica, UFC: unidades formadoras de colonias)

P	t	lote	R	log (UFC)
0	1	1	2	4.45
0	7	1	2	4.59
0	14	1	2	5.31
0	21	1	2	6.08

Tabla 2. Datos (0-1-2).

Se añade una columna obtenida por $10^{\log \text{ UFC}}$ para obtener el valor real de colonias formadas.

P	t	lote	R	log (UFC)	Exp
0	1	1	2	4.45	28173
0	7	1	2	4.59	38800
0	14	1	2	5.31	206767
0	21	1	2	6.08	1200000

Tabla 3. (0-1-2).

Con la ayuda de un software matemático se obtiene la gráfica y la función correspondiente.

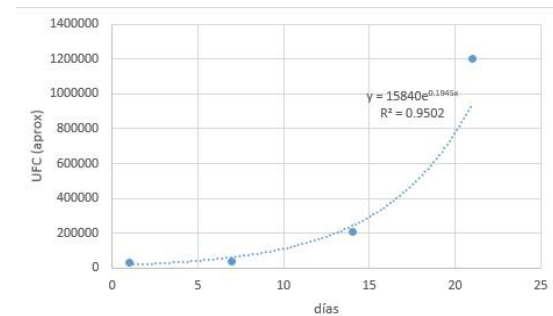


Figura 1. *Lactobacillus* en almacenamiento en leche semidescremada UHT.

La curva corresponde al crecimiento exponencial de un microorganismo y que viene definida por la función:

$$f(t) = 15840 e^{0.2t}$$

Leche con harina de quinoa lavada (L)

Para los datos con harina de quinoa lavada (L), se obtiene

P	t	lote	R	log (UFC)	Exp
L	1	1	2	4.35	22387
L	7	1	2	4.71	51286
L	14	1	2	5.43	269153

Tabla 4. Datos (L-1-2).

Con la ayuda de un software matemático se obtiene la gráfica y la función correspondiente.

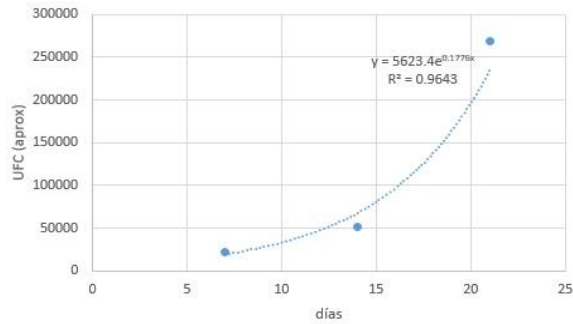


Figura 2. *Lactobacillus* en almacenamiento con medio L.

La curva corresponde al crecimiento exponencial de un microorganismo y que viene definida por la función:

$$f(t) = 5623e^{0.2t}$$

Leche con harina de quinoa cocida (C)

Para los datos de concentración al 2,5% en peso de harina de quinoa cocida (C), se obtiene:

P	t	lote	R	log (UFC)	Exp
C	1	1	1	4.02	10471
C	7	1	1	3.75	5623
C	14	1	1	5.08	150226
C	21	1	1	5.53	338844

Tabla 5. Datos (C-1-2).

Con la ayuda de un software matemático se obtiene la gráfica y la función correspondiente.

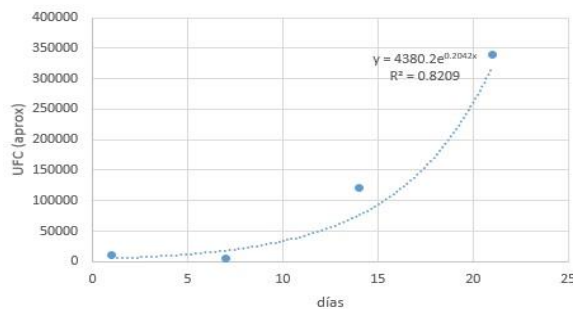


Figura 3. *Lactobacillus* en almacenamiento con medio C

La curva corresponde al crecimiento exponencial de un microorganismo y que viene definida por la función:

$$f(t) = 4380e^{0.2t}$$

Leche con harina de quinoa tostada (T)

Para los datos de concentración al 2,5% en peso de harina de quinoa cocida (T), se obtiene:

P	t	lote	R	log (UFC)	Exp
T	1	1	2	3.60	3981
T	7	1	2	4.25	17783
T	14	1	2	5.12	131826
T	21	1	2	5.81	645654

Tabla 6. Datos (T-1-2).

Con la ayuda de un software matemático se obtiene la gráfica y la función correspondiente.

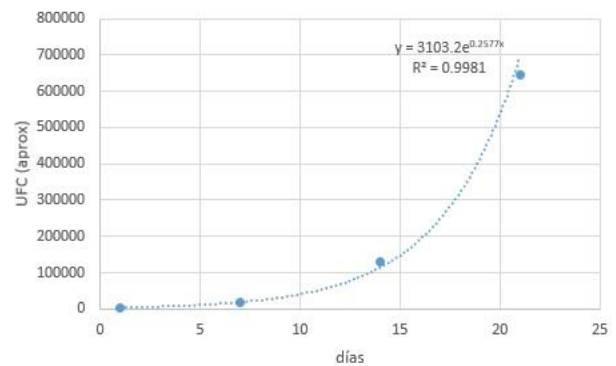


Figura 4. *Lactobacillus* en almacenamiento con medio T.

La curva corresponde al crecimiento exponencial de un microorganismo y que viene definida por la función:

$$f(t) = 2103e^{0.25t}$$

Streptococcus

Leche semidescremada comercial (0)

En esta ocasión se consideraron las muestras sin ningún aditivo (0); los lotes (1), (2) y ambas réplicas (1) y (2) Se ha establecido la función real a lo largo del tiempo de almacenamiento del yogur y presentados en tablas y gráficos, como sigue: (P: pretratamiento, t: tiempo, R: réplica, UFC: unidades formadoras de colonias.

P	t	lote	R	log (UFC)
0	1	1	2	3.08
0	7	1	2	4.71
0	14	1	2	4.95
0	21	1	2	6.48

Tabla 7. Datos originales (0-1-2).

Se añade una columna obtenida por $10^{\log \text{UFC}}$ para obtener el valor real de colonias formadas.

P	t	lote	R	log (UFC)	Exp
0	1	1	2	3.08	4753
0	7	1	2	4.71	51133
0	14	1	2	4.95	89000
0	21	1	2	6.48	300000

Tabla 8. Datos (0-1-2).

Con la ayuda de un software matemático se obtiene la gráfica y la función correspondiente.

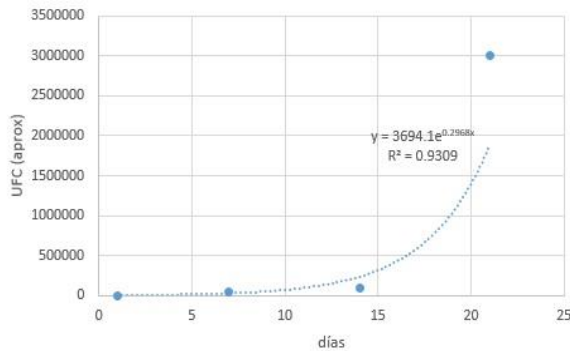


Figura 5. Streptococcus en almacenamiento con medio 0.

La curva corresponde al crecimiento exponencial de un microorganismo y que viene definida por la función:

$$f(t) = 3694e^{0.3t}$$

Leche con harina de quinoa lavada (L)

Para los datos con harina de quinoa lavada (L), se obtiene:

P	t	lote	R	log (UFC)	Exp
L	1	1	2	3.72	5248
L	7	1	2	4.98	95499
L	14	1	2	5.20	158489
L	21	1	2	5.76	575440

Tabla 9. Datos (L-1-2).

Con la ayuda de un software matemático se obtiene la gráfica y la función correspondiente.

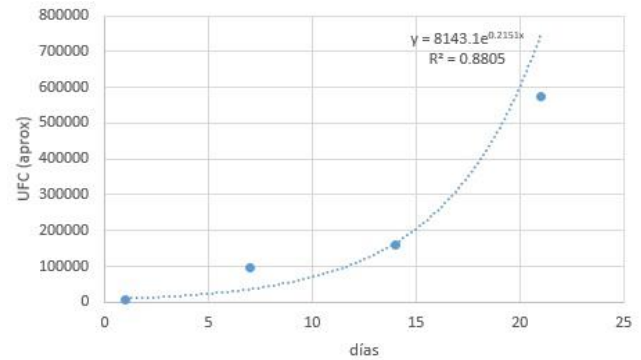


Figura 6. Streptococcus en almacenamiento con medio L.

La curva corresponde al crecimiento exponencial de un microorganismo y que viene definida por la función:

$$f(t) = 8143e^{0.2t}$$

Leche con harina de quinoa cocida (C)

Para los datos de concentración al 2,5% en peso de harina de quinoa cocida (C), se obtiene:

P	t	lote	R	log (UFC)	Exp
C	1	1	1	4.23	16982
C	7	1	1	4.30	19953
C	14	1	1	5.71	512861
C	21	1	1	5.86	724436

Tabla 10. Datos (C-1-1).

Con la ayuda de un software matemático se obtiene la gráfica y la función correspondiente.

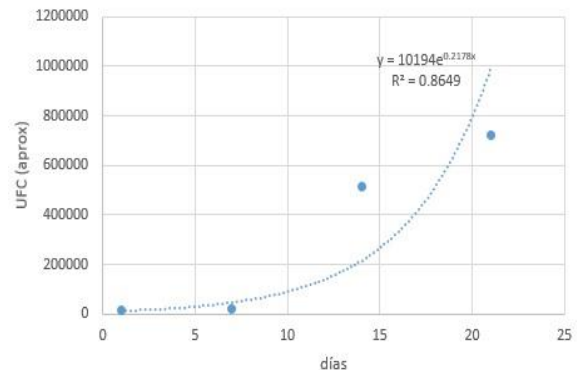


Figura 7. Streptococcus en almacenamiento con medio C.

La curva corresponde al crecimiento exponencial de un microorganismo y que viene definida por la función:

$$f(t) = 20194e^{0.2t}$$

Leche con harina de quinoa tostada (T)

Para los datos de concentración al 2,5% en peso de harina de quinoa cocida (T), se obtiene:

P	t	lote	R	log (UFC)	Exp
T	1	1	2	3.86	7244
T	7	1	2	4.58	38019
T	14	1	2	5.72	524807
T	21	1	2	6.29	1949845

Tabla 11. Datos (T-1-2).

Con la ayuda de un software matemático se obtiene la gráfica y la función correspondiente.

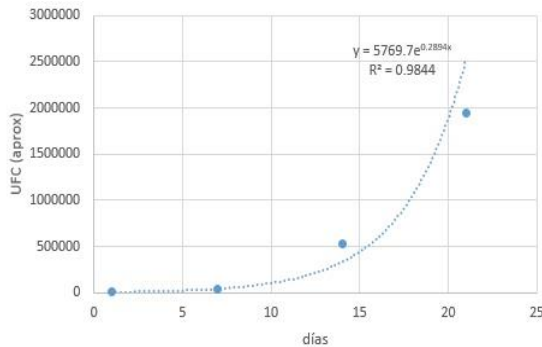


Figura 8. Streptococcus en almacenamiento con medio T.

La curva corresponde al crecimiento exponencial de un microorganismo y que viene definida por la función:

$$f(t) = 5769e^{0.3t}$$

CONCLUSIONES

Luego de realizar la comparación de los 4 tipos de leches, se evidenció que la presencia de harina de quinoa en cualquiera de sus tratamientos previos no superó la población del yogur control, tanto en Lactobacillus como en Streptococcus al día 21 durante el almacenamiento del yogur. Realizando la comparación de las leches fermentadas con harina de quinoa en todos sus tratamientos, se evidencia que la HQT alcanzó la mayor población respecto a HQC y HQL, al día 21 de almacenamiento.



Figura 9. Lactobacillus en almacenamiento de réplica 1.

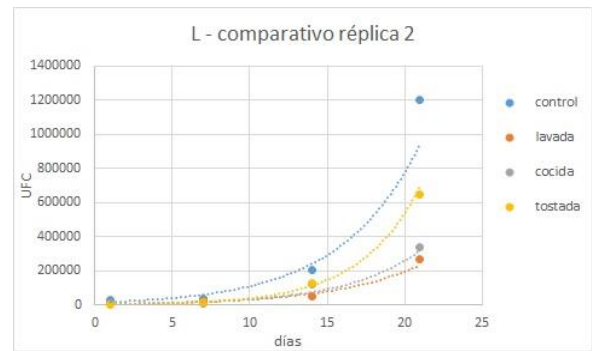


Figura 10. Lactobacillus en almacenamiento de réplica 2.

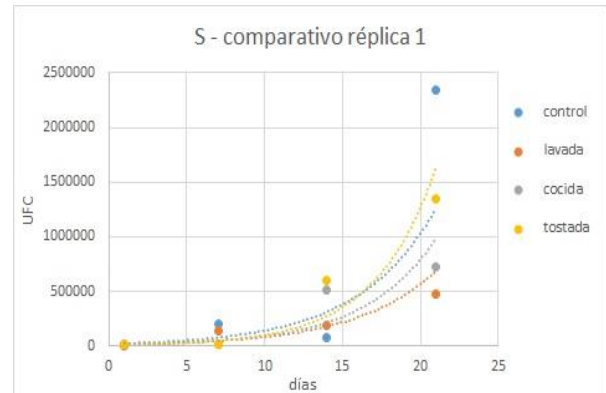


Figura 11. Streptococcus en almacenamiento de réplica 2.

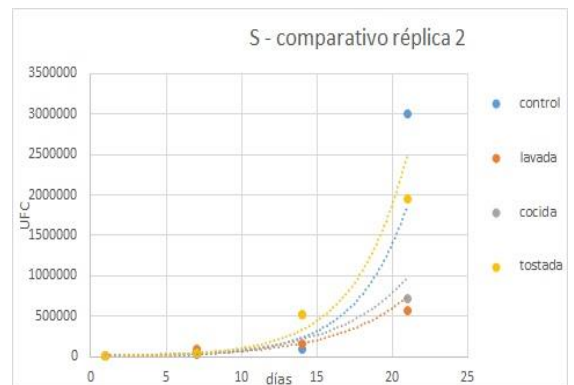


Figura 12. Streptococcus en almacenamiento de réplica 2.

Es de suma importancia la relación simbiótica que existe entre *Lactobacillus* y *Streptococcus* durante el almacenamiento; en el caso de la presente investigación se obtuvieron las siguientes relaciones $\frac{S}{L}$

día	0 (control)	L (lavada)	C (cocida)	T (tostada)
1	0.8	2.3	1.3	2.8
7	3.9	4.4	2.2	3.3
14	0.6	3.4	2.0	2.8
21	1.4	2.1	2.1	1.5

Tabla 12. Relación $\frac{S}{L}$

La digestibilidad de las proteínas de la leche es muy cercana al 100% al contrario las proteínas de la quinoa que al ser un cereal su digestibilidad bordea el 80%. El tratamiento térmico (cocción) mejora la digestibilidad de las proteínas de la quinoa enriqueciendo al alimento añadido, en este caso el yogur.

El proceso térmico al cual ha sido sometida la quinoa antes de añadirse a la leche genera el enriquecimiento de la leche en aminoácidos tales como arginina (7,11%) que al parecer no influye en el incremento de la población de cultivos iniciadores durante el almacenamiento del yogur.

Durante la investigación se identificó que en las leches enriquecidas con harina de quinoa en cualquier presentación; la mayor población microbiana se obtuvo en la leche enriquecida con harina de quinoa tostada, debido a que la quinoa al ser sometida a un tratamiento térmico seco, la disponibilidad de lisina se ve disminuida.

Siguiendo este análisis la menor población microbiana se obtuvo en la leche enriquecida con harina de quinoa lavada. Debido a que la quinoa al no ser sometida a un ningún tratamiento térmico, sino únicamente a un lavado con agua común, exclusivamente fueron extraídas las saponinas que es un glucósido vegetal; dejando a la lisina disponible inhiba aún más el crecimiento microbiano.

La comparación entre las poblaciones LB (*Lactobacillus bulgaricus*) y ST (*Streptococcus thermophilus*) durante el almacenamiento es un indicador importante para conocer que el sustrato en este caso, la leche enriquecida brinda el medio idóneo para el desarrollo de ambas bacterias lácticas. En el presente estudio se establece que la relación ST:LB se encuentra entre 1,06 y 1,14; dato que se acerca bastante al ideal que es de 1:1. Sin embargo es recomendable ahondar en futuros estudios con leches enriquecidas para determinar relación poblacional

mayores a ST:LB de 1:1, 2:1 o 3:2, especialmente al inicio del almacenamiento que puede ser definida como una relación de crecimiento benéfica.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

El artículo que se pone a revisión es de autoría de Roberto Daniel Calderón Valle.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) por el apoyo a la investigación referente a materiales y equipos utilizados para la elaboración del artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INIAP (Estación experimental Santa Catalina, Departamento de nutrición y calidad de los alimentos, EC) 2011. Potencial Agroindustrial de la Quinoa. Boletín Divulgativo No. 146.
- Koutinas, A, 2007. Fermented dairy products. Current developments in biotechnology and bioengineering (pp. 3-24)
- Villacrés, Peralta et al 2013. Potencial agroindustrial de la quinoa. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIAP
- Gamazo, López et al (2009). Manual práctico de Microbiología. Editorial Elsevier. Barcelona, España.
- Boyton, R., Novakovic, A, (2013). Industry evaluations of the status and prospects for the burgeoning, Program on Dairy Markets and Policy Research Paper Series RP13-01, 1-52. New York, USA.
- Coda, R, et al., 2012. Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: microbiology, texture, nutritional and sensory properties. International Journal of Food Microbiology, 155(3), 120-127. New York, USA
- De Oliveira Finco., A Cordova K, 2011. Elaboracao de iogurte com adicao de farinha de gergelim Yogurt-making with addition of sesame flour. Ambiencia. Matto Grosso, Brasil
- De Oliveira Finco, A 2014. Fermented Milks. Editorial Totorello. Encyclopedia of food microbiology (second edition) (pp. 908-922). Oxford, UK.
- Estrada, J et al], 2011. Developing a strawberry yogurt fortified with marine fish oil. Journal of dairy science, 94(12), 5760-5769.
- Huertas. 2013. Efecto del té verde (*Camellia sinensis* L) en las características fisicoquímicas, microbiológicas, proximales y sensoriales de yogurt durante el almacenamiento bajo refrigeración. Ciencia y Tecnología Alimentaria, 11 (1).

- Iwalokun, B., Shittu M, 2007. Effect of Hibiscus sabdariffa (calyce) extract on biochemical and organoleptic properties of yogurt. *Journal of Nutrition*, 6(2), 172-182. Pakistán.
- Lee, Y., Al Mijan, M, 2013. The physicochemical properties of yoghurt supplemented with microencapsulated peanut sprout extract, a possible functional ingredient. *International Journal of Dairy Technology* 66(3): 417-423
- Morales de León, J., Cortés Penedo, E, 2000. Elaboración de un yogurt con base en una mezcla de leche y garbanzo (*Cicer arietinum*). *Arch. latinoam. nutr.*, 50(1), 81-6.
- Seo, M., Lee, S, 2000. Physicochemical, microbial, and sensory properties of yogurt supplemented with nanopowdered chitosan during storage. *Journal of dairy science* 92(12): 5907-5916.
- Shori, A.,Baba, A}, 2012. Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum*-bio-yogurts made from camel and cow milk. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 11(1), 50-55.
- Vascocellos, C; Chaves, J, 2012. Low-calorie yogurt added with yacon flour: development and physicochemical evaluation. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3), 65-71.
- Zare, C; Boye, J, 2012. Growth of starter microorganisms and acidification trend in yogurt and probiotic media supplemented with pulse ingredients. *LWT-Food Science and Technology*, 45, 155-160
- Burbano, H. 2015. Calidad proteica del cultivo de quinoa. Reunión Binacional sobre planificación de la producción.
- Freitas, M., Moura., L, 2012. Elaboração de iogurte com adicao de castanha de caju e avaliaco da sua aceitaco sensorial 1, In VII CONNEPI- Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovacao. Matto Grosso, Brasil
- Gad, A et al, 2010 Evaluation of the nutritional value of functional yoghurt resulting from a combination of date palm syrup and skim milk. IV International Date Palm Conference 882.